

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КЕРЧЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОРСКОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
филиал ФГБОУ ВО «КГМТУ» г. Феодосия

Цикловая комиссия технологии сварки и кораблестроения

Остапенко Ольга Юрьевна

МДК.02.01. КОНСТРУКТОРСКАЯ ПОДГОТОВКА
ПРОИЗВОДСТВА В СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ
ОРГАНИЗАЦИИ (раздел 2)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению расчётно-графической работы

«Расчет эквивалентного бруса в I приближении»

для студентов специальности

26.02.02 Судостроение

форма обучения: очная, заочная

Феодосия, 2016

Составитель: Остапенко О.Ю., преподаватель цикловой комиссии технологии сварки и кораблестроения филиала ФГБОУ ВО «КГМУ» в г. Феодосии



Рецензент: Квасцова Е.Ю., преподаватель цикловой комиссии технологии сварки и кораблестроения филиала ФГБОУ ВО «КГМУ» в г. Феодосии



Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании цикловой комиссии технологии сварки и кораблестроения филиала ФГБОУ ВО «КГМУ» в г. Феодосии

Протокол № 5 от 29.11 2016 г.

Зав. цикловой комиссией  Л.В. Сидорова

Методические указания рассмотрены и утверждены учебно-методическим советом филиала ФГБОУ ВО «КГМУ» в г. Феодосии

Протокол № 3 от 06.12 2016 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.	4
1 Расчет характеристик эквивалентного бруса.	6
1.1 Условия включения связей в эквивалентный брус.	6
1.2 Определение геометрических характеристик эквивалентного бруса и напряжений от общего изгиба.	7
Приложение А Схема мидель-шпангоута сухогрузного судна.	14
Приложение Б Распределение напряжений по высоте эквивалентного бруса.	15
Приложение В Сортамент профильного проката.	16
Приложение Г Задание на выполнение практического задания.	21
Список использованной литературы.	22

ВВЕДЕНИЕ

МДК.02.01. Конструкторская подготовка производства в судостроительной организации изучает основы создания корпусных конструкций, выполнение расчетов, обеспечивающих общую и местную прочность корпуса судна.

В результате изучения профессионального модуля студенты приобретают следующие профессиональные компетенции (ПК):

ПК 2.1. Разрабатывать конструкторскую документацию для изготовления деталей узлов, секций корпусов.

ПК 2.2. Разрабатывать технологические процессы сборки и сварки секций, ремонта и технологии утилизации корпусных конструкций.

ПК 2.3. Выполнять необходимые типовые расчеты при конструировании.

Для студентов очной формы обучения, по разделу 2 МДК.02.01 предусмотрено выполнение расчётно-графической работы «Расчет эквивалентного бруса в I приближении».

Методические указания являются руководящим материалом для студентов при выполнении расчётно-графической работы, знакомят с объемом и содержанием работы, определяют последовательность выполнения, дают пояснения по оформлению и выполнению отдельных вопросов, приводят расчетные формулы, таблицы, рисунки, а также содержат задания для работы и список рекомендуемой литературы.

Цель расчётно-графической работы:

- закрепить и систематизировать знания студентов по отдельным вопросам теоретического материала раздела 2 МДК.02.01;

- развивать навыки самостоятельной работы с нормативными и справочными документами;

- применять полученные теоретические знания при решении задач практического характера;

- подготовить студентов к выполнению расчетов курсового и дипломного проектов;

- закрепить знания и навыки пользования стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Оборудование:

- «Правила ...» Регистра, 2018 г.

- Методические указания по выполнению расчётно-графической работы;

- Калькулятор.

- Главные размерения судна.

- Макет поперечного сечения корпуса сухогруза.

Задание:

- Определить геометрические характеристики эквивалентного бруса и напряжения от общего изгиба.
- Определить изгибающий момент судна.
- Определить центральный момент инерции поперечного сечения корпуса относительно нейтральной оси.
- Начертить схему распределение напряжений по высоте эквивалентного бруса.

В результате выполнения работы студент должен знать:

- что представляет собой эквивалентный брус;
- связи, включаемые в эквивалентный брус;
- формулы для определения расчетного изгибающего момента, момента сопротивления и момента инерции поперечного сечения корпуса в средней части судна;

В результате выполнения работы студент должен уметь:

- изображать графически схему распределение напряжений по высоте эквивалентного бруса;
- выполнять в табличной форме расчет эквивалентного бруса, определять момент сопротивления днища и палубы, определять максимальное касательное напряжение;
- сделать вывод об обеспечении общей продольной прочности судна.

Оформление расчётно-графической работы [4] на бланке формата А4 с одной стороны листа. На титульном листе пишется наименование учебного заведения, фамилия, имя, отчество студента, адрес, шифр, предмет. Текст расчётно-графической работы следует печатать через 1-1,5 интервала, шрифт -12-14 пт, Times New Roman, либо пастой черного или синего цвета без сокращения слов, кроме допустимых ГОСТом.

Абзацный отступ должен быть одинаковым по всему тексту и равным пяти знакам (15-17 мм).

Все зарисовки и схемы следует выполнять карандашом с соответствующими надписями.

На первой листе записываются содержание расчётно-графической работы. На втором листе дается понятие эквивалентного бруса. Далее прилагается задание для расчета.

Расчет выполняется в табличной форме. По результатам расчетов необходимо выполнить заключение об общей продольной прочности судна.

1 РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ЭКВИВАЛЕНТНОГО БРУСА

Для нормирования общей продольной прочности корпуса судна необходим расчет момента инерции и момента сопротивления его миделевого и наиболее опасных поперечных сечений. Такими считаются сечения в районе больших вырезов или других конструктивных особенностей, где ожидается высокая концентрация напряжений, например сечения по грузовому люку, в районе окончания рубок и надстроек.

1.1 Условия включения связей в эквивалентный брус

Из множества деталей, составляющих конструкцию судна, в обеспечении общей продольной прочности непосредственно будет участвовать только часть из них: продольные, достаточно протяженные, непрерывные и конструктивно связанные между собой. Считается, что при моделировании совокупность всех этих деталей будет деформироваться совместно, т. е. как сплошное твердое тело, и может быть заменена единым эквивалентным брусом (Приложение Б, рис. 2,б).

Эквивалентный брус – многопоясковая балка, эквивалентная по общей продольной прочности корпусу судна, причем высота бруса равна высоте борта судна, а площадь и закон ее распределения по высоте бруса и судна одинаковы.

Приложение Б, приведены схемы продольных связей, участвующих в обеспечении общей продольной прочности (см. рис. 2,а), и эквивалентного бруса сухогрузного судна (см. рис. 2,б), мидель-шпангоут которого приведен в Приложении А.

Связь считается достаточно протяженной для включения ее в эквивалентный брус, если она закрепляется не менее чем на двух опорах, образованных перекрытиями смежных отсеков, и длина ее не менее высоты борта судна.

Степень участия в общем изгибе связей ограниченной длины, таких, как рубки, надстройки, прерывистые продольные комингсы грузовых люков, должна определяться на основании специальных расчетов. Причем не рассматриваются надстройки и рубки длиной менее $0,15L$, или шести собственных высот, или имеющие опоры менее чем на три поперечные переборки в корпусе, т. е. считается, что участия в обеспечении общей продольной прочности они не принимают.

На практических занятиях по расчету эквивалентного бруса комингс верхней палубы, надстройка, обшивка шахты машинного отделения, туннель гребного вала, фальшборт и балки фундамента главного двигателя в состав эквивалентного бруса не включаются.

Важен вопрос об учете вырезов в связях эквивалентного бруса. Принято считать, что ими можно пренебрегать при ширине вырезов менее 20 % ширины связи. Для рамных балок вырезы при этом должны быть расположены в средней части, т. е. в стенках балок в районе их нейтральной оси. Такие вырезы ведут к местной кон-

центрации напряжений, которая должна компенсироваться подкреплениями: окаймляющим пояском или подкрепляющими ребрами жесткости.

Вырезы шириной более 20 % ширины связей исключаются из расчетного сечения полностью или частично.

На практических занятиях при расчете поперечного сечения универсального сухогрузного судна вырезы грузовых люков верхней и нижней палуб и шахты машинного отделения из расчетного сечения исключаются полностью.

На расчетной схеме сечения универсального сухогрузного судна (см. Приложение Б, рис. 2,а) приведены все связи, участвующие в обеспечении общей продольной прочности и входящие в состав эквивалентного бруса.

Нумерацию рекомендуется выполнить последовательно по перекрытиям, как это показано на рисунке.

Границами связей по настилам и наружной обшивке служат пазы листов, обозначаемые на чертежах стрелками.

Одинаковые связи, лежащие в одной плоскости по горизонтали, могут быть объединены и рассматриваться как одна связь с общей площадью и единым центром тяжести.

Например, четыре продольных подпалубных ребра жесткости (см. Приложение Б, рис. 2,а) рассматриваются под одним номером 3 как связь с площадью четырех данных ребер жесткости и общим центром тяжести.

При наличии погни для палубных связей или подъема днища – для днищевых центр тяжести группы одинаковых связей принимается в центре тяжести средней связи.

Если таковой нет, как, например, для подпалубных ребер жесткости 3, то центр тяжести этой группы лежит на середине линии между центрами тяжести двух центральных связей, т. е. в данном случае между вторым и третьим подпалубными ребрами жесткости.

После составления расчетной схемы и нумерации связей производится расчет характеристик эквивалентного бруса.

1.2 Определение геометрических характеристик эквивалентного бруса и напряжений от общего изгиба.

Важнейшими характеристиками эквивалентного бруса являются его главный центральный момент инерции относительно нейтральной оси и моменты сопротивления палубы и днища, необходимые для нормирования общей продольной прочности судна.

Кроме того, площадь эквивалентного бруса – важный показатель металлоемкости, а относительная аппликата нейтральной оси (в долях от высоты борта) – один из показателей совершенства профиля поперечного сечения судна.

На практических занятиях производится расчет эквивалентного бруса в первом приближении, когда все связи, указанные в расчетном сечении (см. Приложение Б, рис. 2,а), считаются жесткими и ни одна из них не теряет устойчивости при действии расчетных нагрузок.

Считается приемлемой гипотеза плоских сечений. Расчет характеристик для половины сечения, ввиду его полной симметрии относительно ДП, выполняется по таблице 1.

Вначале в таблицу заносятся по группам все связи, приведенные в Приложение Б, рис. 2,а, с соответствующими номерами, с указанием размеров поперечного сечения каждой из них.

Протяженность поперечного сечения листов снимается непосредственно с чертежа, а для профильного проката записываются количество балок, их тип и обозначения по сортаменту.

Например, четыре подпалубных ребра жесткости записываются как "р. ж. 4×т16б". В четвертую графу заносятся значения площадей каждой связи

F_i – для листов это произведение их ширины на толщину, а для профильного проката значения F_i принимаются по сортаменту (см. Приложение В).

В пятую графу записывается отстояние Z_i центра тяжести каждой связи (или группы связей) от выбранной оси сравнения (О.С.) в метрах. За ось сравнения рекомендуется принимать основную линию.

В шестую графу заносятся произведения площади каждой связи F_i на ее отстояние от оси сравнения Z_i , т. е. значения статических моментов площадей всех i -связей ($\text{см}^2 \cdot \text{м}$).

В седьмую графу записываются значения моментов инерции связей относительно оси сравнения ($\text{см}^2 \cdot \text{м}$), полученные как произведения их площадей F_i на квадрат расстояния Z_i^2 , а в седьмую графу – значения собственных моментов инерции связей i_{0i} ($\text{см}^2 \cdot \text{м}$), полученные по зависимости

$$i_{0i} = \frac{t_i \cdot h_i^3}{12} \cdot 10^{-4} \text{ см}^2 \cdot \text{м}^2 \quad (1.1)$$

где t_i – размер связи по горизонтали (для вертикально расположенных листов – их толщина), см;

h_i – размер связи в вертикальной плоскости (для вертикально расположенных связей – их высота), см.

Собственный момент инерции вычисляется для вертикально расположенных связей, таких, как ширстрек, листы бортовой обшивки, днищевые стрингеры и т. д. Для скулового листа значение i_{0n} рассчитывается при высоте h_n , равной его проекции на вертикальную ось, совпавшую с ДП.

Собственные моменты инерции горизонтально расположенных связей и связей, размеры которых по вертикали невелики (менее 1–2 % от высоты борта), не рассчитываются и в таблице ставится в соответствующем месте прочерк.

Все продольные связи, расположенные в ДП, например вертикальный киль – связь № 16, записываются в таблицу с половиной их толщины, так как другая половина связи будет относиться уже ко второй половине сечения.

Все расчеты выполняются с точностью до четырех значащих цифр.

После заполнения первых восьми столбцов таблицы 1 вычисляются их суммы:

A – площадь эквивалентного бруса – сумма площадей поперечного сечения связей в графе 4, см^2 ;

B – статический момент площади сечения эквивалентного бруса – сумма статических моментов его связей в графе 6, $\text{см}^2 \cdot \text{м}$;

C – момент инерции площади эквивалентного бруса относительно оси сравнения – сумма переносных и собственных моментов инерции поперечных сечений связей, записанная как сумма граф 7 и 8, $\text{см}^2 \cdot \text{м}^2$.

Зная суммы A , B , C , можно определить положение нейтральной оси расчетного сечения (эквивалентного бруса), главный центральный момент инерции площади поперечного сечения относительно нейтральной оси и моменты сопротивления палубы и днища.

Отстояние нейтральной оси, проходящей через центр тяжести сечения, от оси сравнения определяется по зависимости

$$e = \frac{B}{A}, \text{ м} \quad (1.2)$$

Значение относительной аппликаты нейтральной оси $\mu = e/D$ довольно устойчиво для однотипных судов с подобными поперечными сечениями и колеблется, например, для универсальных сухогрузных судов в диапазоне 0,38...0,42. Чем ближе значение μ к 0,5, тем потенциально выше качество эквивалентного бруса и потенциально меньше металлоемкость продольных связей корпуса судна.

Главный центральный момент инерции расчетного поперечного сечения корпуса судна относительно его нейтральной оси при использовании известного правила пересчета момента инерции для разных осей определяется по следующей зависимости:

$$I_{HO} = 2(c - e^2 A) \cdot 10^{-4}, \text{ м}^4 \quad (1.3)$$

Моменты сопротивления поперечного сечения корпуса, м^3 :

- палубы:
$$W_{nl}^{\phi} = \frac{I_{HO}}{D - e} \text{ м}^3 \quad (1.4)$$

- днища:

$$W_{\partial n}^{\phi} = \frac{I_{HO}}{e} M^3 \quad (1.5)$$

Полученные значения $I_{H.O}$, $W_{n.l}^{\phi}$, $W_{\partial n}^{\phi}$ являются важнейшими характеристиками поперечного сечения корпуса судна, которые в дальнейшем сравниваются с соответствующими величинами, требуемыми Правилами Регистра, что позволяет судить об обеспеченности общей продольной прочности судна.

Важным вопросом как общей, так и местной прочности корпуса судна является величина нормальных и касательных напряжений в его связях.

При общем продольном изгибе корпуса в вертикальной плоскости нормальные напряжения, возникающие в его связях, компенсируют внешний изгибающий момент и определяются по линейной зависимости

$$\sigma_i = \frac{M}{I_{HO}} \cdot (z_i - e) \cdot 10^{-3}, \text{ МПа} \quad (1.6)$$

где M – изгибающий момент в расчетном поперечном сечении корпуса, кН·м. Значения $(Z_i - e)$ – отстояния центра тяжести каждой связи от нейтральной оси – записываются в графу 9 таблицы 1.

Для практического определения изгибающего момента M необходима информация о величине и распределении нагрузки и сил поддержания по длине судна. Но так как на данном этапе задача определения фактического значения M не ставится, то рекомендуется использовать известные приближенные расчетные зависимости для вершины и подошвы волны:

- для вершины волны расчетный изгибающий момент

$$M = M_{e.e} = M_{sw} + M_{wg}; \quad (1.7)$$

- для подошвы волны

$$M = M_{n.e} = M_{sw} + M_{wn}; \quad (1.8)$$

где $M_{sw} = \frac{\Delta \cdot L}{K}$ – изгибающий момент на тихой воде, кН·м;

$\Delta = \rho \cdot g \cdot C_b \cdot L \cdot B \cdot d$ – водоизмещение судна, кН;

$\rho = 1,025$ – массовая плотность морской воды, кН·с²/м⁴;

$g = 9,81$ – ускорение свободного падения, м/с²;

$L = (6...8)B$ – длина судна, м;

B – ширина судна, м;

d – осадка судна (при ее отсутствии на чертеже задания принять равной 65 % от высоты борта судна), м;

C_b – коэффициент общей полноты (при его отсутствии в данных принять $C_b = 0,65 \dots 0,75$ – для сухогрузных судов);

K – коэффициент пропорциональности (для выполнения задания по сухогрузным судам длиной 100...140 м с кормовым расположением машинного отделения $K = 45 \dots 50$).

Кроме того, M_{sw} не должен быть менее вычисленного по формуле [2]

$$M_{sw} = \pm 76 C_w B L^2 (C_b + 0,7) \cdot 10^{-3}; \text{кН} \cdot \text{м} \quad (1.9)$$

где C_w – волновой коэффициент, определяется в зависимости от длины судна по формуле:

$$C_w = 10,75 - \left(\frac{300 - L}{100} \right)^{3/2} \text{ при } 90 < L < 300 \text{ м}; \quad (1.10)$$

Для сухогрузных судов с кормовым расположением машинного отделения в данном задании знак M_{sw} считается положительным, т. е. судно на тихой воде находится с перегибом.

Волновой изгибающий момент, кН·м:

-на вершине волны (вызывающий перегиб судна):

$$M_{wh} = 190 C_w B L^2 C_b \cdot 10^{-3}, \text{кНм} \quad (1.11)$$

-на подошве волны (вызывающий прогиб судна):

$$M_{ws} = -110 C_w B L^2 (C_b + 0,7) \cdot 10^{-3}, \text{кНм} \quad (1.12)$$

После подстановки значения $M_{e,e}$ в формулу (1.11) производится расчет напряжений на вершине волны для всех i -связей.

Полученные значения заносятся в графу 10 таблицы 1 с соответствующим знаком. (Знаки отображают различные состояния связей – растяжение и сжатие.)

Затем после подстановки значения $M_{n,e}$ в формулу (1.12) рассчитываются напряжения на подошве волны также для всех i -связей, а их значения заносятся в графу 11 таблицы 1 также с соответствующим знаком.

Полученные значения σ_i для каждой связи эквивалентного бруса являются основой для дальнейшего анализа напряженно-деформированного состояния каждой детали и корпуса судна в целом.

Момент сопротивления поперечного сечения корпуса в средней части судна (для палубы и днища) должен быть не менее:

$$W_{\min} = C_w B L^2 (C_b + 0,7) \eta, \text{м}^3 \quad (1.13)$$

Момент инерции поперечного сечения корпуса в средней части судна должен быть не меньше:

$$I_{\min} = 3C_w BL^3 (C_b + 0,7), \text{ м}^4 \quad (1.14)$$

Сравнение напряжений с допускаемыми, редуцирование связей по устойчивости и расчет эквивалентного бруса во втором и последующих приближениях заданием не предусмотрены.

Величина касательных напряжений τ в задании рассчитывается для нескольких характерных точек поперечного сечения и обязательно – на уровне нейтральной оси, где она имеет максимум.

Возникающие при общем изгибе корпуса касательные напряжения определяются по формуле:

$$\tau_{\max} = \frac{N \cdot S}{I \cdot t} \cdot 10^{-3}, \text{ МПа} \quad (1.15)$$

где N – перерезывающая сила, действующая в данном поперечном сечении корпуса (в задании принято $N = 0,3\Delta$), кН;

$\Delta = \rho \cdot C_B \cdot L \cdot B \cdot d \cdot g$ – водоизмещение судна, т;

$S = \sum F_i \cdot z_i$ – сумма статических моментов площадей связей, лежащих выше (ниже) горизонтали, на уровне которой определяются касательные напряжения относительно нейтральной оси, м³;

m – количество связей, лежащих выше (ниже) горизонтали, на уровне которой определяются касательные напряжения.

t – суммарная толщина листов наружной обшивки, двойных бортов и продольных переборок для половины сечения по горизонтали, на уровне которой определяются касательные напряжения, м.

$I_{n.o}$ – центральный момент инерции поперечного сечения корпуса относительно нейтральной оси, м⁴.

Полученные результаты представляются в графическом виде в форме эпюр нормальных и касательных напряжений от общего изгиба.

По окончанию выполнения практического занятия необходимо сделать вывод об обеспечении общей продольной прочности судна.

1. Момент сопротивления днища:

$$W_{\text{дн}}^{\phi} \geq W_{\min}$$

2. Момент сопротивления палубы:

$$W_{\text{пл}}^{\phi} \geq W_{\min}$$

3. Максимальное касательное напряжение τ_{\max} МПа, меньше предела текучести материала корпуса ReH , МПа

Таблица 1. Определение геометрических характеристик поперечного сечения корпуса судна и нормальных напряжений от общего изгиба										
№ п п	Наименование связей	Размер связи, мм	Площадь связи $F_i, \text{см}^2$	Ординаты от оси сравнения $Z_i, \text{м}$	Статический момент инерции $F_i Z_i, \text{см}^2 \text{м}$	Момент инерции		Отстояние от ц.т. связей от НО попер. сечения $Z_i = Z_i - e$	Нормальное напряжение	
						Переносной $F_i Z_i^2, \text{см}^2 \text{м}^2$	Собственный $i, \text{см}^2 \text{м}^2$		ВВ $\sigma^{ВВ}, \text{МПа}$	ПВ $\sigma^{ПВ}, \text{МПа}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1										
2										
3										

21										
22										
	Σ		A		B		C			

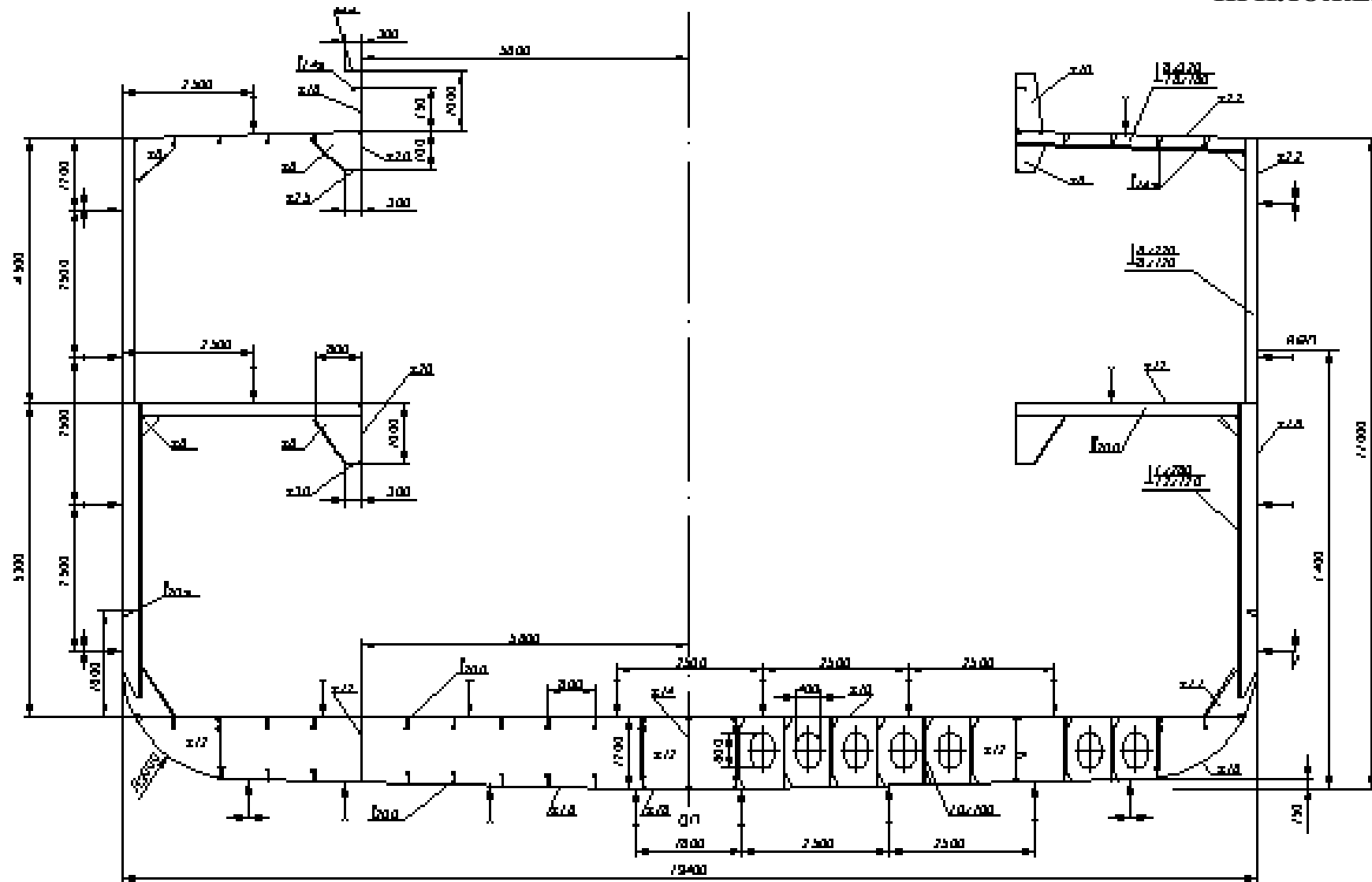


Рисунок 1 – Схема мидель-шпангоута сухогрузного судна

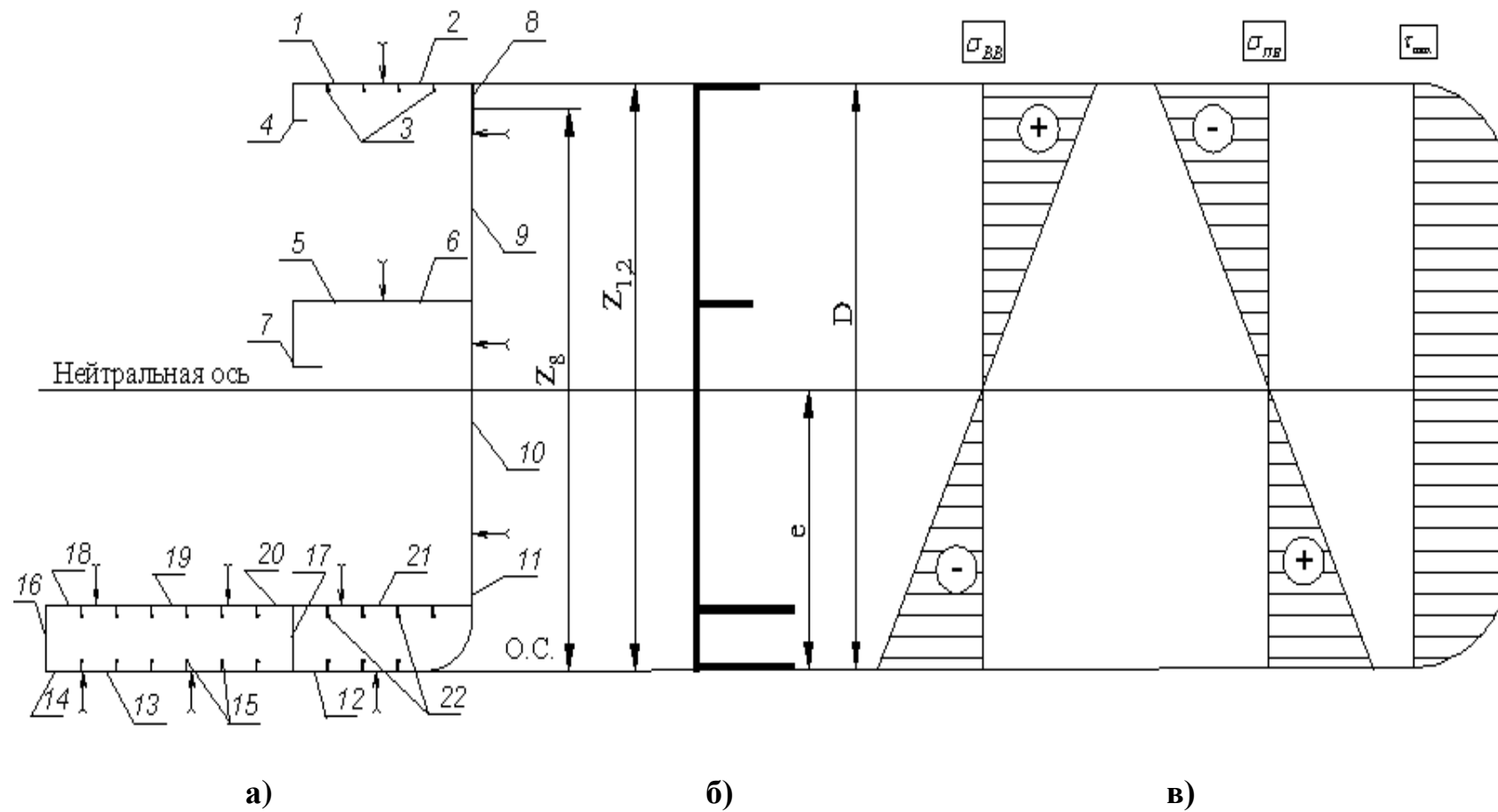


Рисунок 2 – Распределение напряжений по высоте эквивалентного бруса

Номер профиля	Элементы профиля						Элементы профиля с присоединенным пояском				
	Высота стенки	Толщина стенки	Ширина на бульба	Площадь	Момент инерции	Расстояние от ЦТ, см	Общая площадь, см ²	Момент инерции, см ⁴	Наименьший момент сопротивления, см ³	Толщина присоединенной гоюяска, мм	
											мм
5	50	4	16	2,9	7,0	3,1	62,9	44	9	10	
5,5	55	4,5	17	3,5	10,2	3,4	63,5	61	12	10	
6	60	5	19	4,3	15,0	3,7	64,3	87	15	10	
7	70	5	21	5,1	24,1	4,4	65,1	137	20	10	
8	80	5	22	5,8	36,2	5,1	65,8	202	25	10	
9	90	5,5	24	7,0	55,6	5,7	67,0	295	33	10	
10	100	6	26	8,6	85,2	6,3	68,6	434	45	10	
12	120	6,5	30	11,2	158,0	7,6	71,2	767	68	10	
14a	140	7	33	14,0	274,0	8,8	74,0	1274	100	10	
14b	140	9	35	16,9	321,0	8,6	76,9	1398	112	10	
16a	160	9	36	18,0	468,0	10,0	108/78,0	2200/1980	147/140	15/10	
16b	160	10	38	21,2	527,0	9,8	111,2/81,2	2434/2190	165/159	15/10	
18a	180	9	40	22,2	724,0	11,2	112,2/82,2	3280/2860	200/188	15/10	
18b	180	11	42	25,8	837,0	10,8	115,8/85,8	3530/3130	218/206	15/10	
20a	200	10	44	27,4	1078	12,4	117,4	4730	268	15	
20b	200	12	46	31,4	1265	12,1	121,4	5110	296	15	
22a	220	11	48	32,8	1611	13,5	122,8	6500	343	15	
22b	220	13	50	37,2	1795	13,2	127,2	6930	372	15	
24a	240	12	52	38,8	2232	14,7	128,8	8720	434	15	
24b	240	14	54	43,6	2542	14,4	133,6	9250	466	15	

Таблица 2. Полособульб симметричный для кораблестроения. сортамент (ГОСТ 9235–76)

Профиль	Элементы профиля						Элементы профиля с присоединенным пояском					
	Высота стенок	Толщина стенок	Ширина бульба	Площадь профиля, см ²	Момент инерции, см ⁴	Расстояние от ЦТ, см	Площадь присоединенного пояска, см ²					
							50		100		200 и больше	
	мм		<i>I</i> , см ⁴	<i>W</i> , см ³	<i>I</i> , см ⁴	<i>W</i> , см ³	<i>I</i> , см ⁴	<i>W</i> , см ³				
935	90	5,5	31,0	6,82	55	5,9	297	34	338	35	347	36
1035	100	5,5	35,5	8,53	84	6,6	450	47	512	50	530	51
1235	120	5,5	37,5	10,15	147	7,4	740	67	842	70	875	71
1446	140	6,0	42,0	13,10	257	9,3	1243	99	1426	104	1498	105
1447	140	7,5	43,5	15,20	300	8,9	1339	108	1530	114	1640	116
1646	160	6,5	48,5	16,47	422	10,7	1970	143	2190	146	2360	147
1658	160	8,0	50,0	18,87	488	10,3	2120	155	2450	163	2620	165
1857	180	7,0	55,0	20,20	656	12,1	2960	198	3420	205	3690	209
1858	180	8,5	56,5	22,90	751	11,7	3120	212	3620	221	3910	226
2068	200	8,4	60,4	26,06	1049	13,2	4250	270	5100	285	5670	291
20610	200	10,0	62,0	29,26	1185	12,9	4510	280	5400	305	5920	312
2268	220	8,0	64,0	28,24	1371	14,8	5570	327	6690	345	7350	352
22610	220	10,0	68,0	33,14	1624	14,3	6010	362	7320	385	8140	394
2468	240	8,5	71,0	33,17	1915	16,2	7530	420	9100	442	10120	451
24710	240	10,5	75,5	38,65	2252	15,9	8100	464	9900	491	11100	504
271010	270	10,0	102,0	41,74	3163	18,0	9100	480	11700	525	13500	550
27812	270	12,0	82,0	48,33	3582	17,5	11600	622	13800	660	16600	687

Таблица 3 Геометрические характеристики симметричных полосообразов 30810 (ГОСТ 9235–76)												
Профиль	Элементы профиля					Элементы профиля с присоединенным пояском						
	Высота стенки, мм	Площадь профиля, см ²	Момент инерции, см ⁴	Расстояние от ЦТ, см	Площадь присоединенного пояса, см ²							
					50		100		200 и больше			
					$I_x, \text{см}^4$	$W_x, \text{см}^3$	$I_x, \text{см}^4$	$W_x, \text{см}^3$	$I_x, \text{см}^4$	$W_x, \text{см}^3$	$I_x, \text{см}^4$	$W_x, \text{см}^3$
30810h180	180	39,0	1031	13,1	5100	411	6500	435	7390	446		
30810h200	200	41,0	1423	14,4	6500	472	8100	499	9300	511		
30810h220	220	43,0	1885	15,7	8040	534	10050	563	11500	578		
30810h240	240	45,0	2425	17,5	9700	595	12200	633	14000	651		
30810h250	250	46,0	2735	17,7	10650	628	13325	668	15375	687		
30810h260	260	47,0	3046	18,2	11600	661	14550	704	16750	723		
30810h280	280	49,0	3755	19,4	13600	730	17200	776	19800	798		
30810h300	300	51,0	4558	20,6	15900	800	20000	850	23200	875		
30810h320	320	53,0	5458	21,8	18200	860	23000	926	27800	963		
30810h340	340	55,0	6462	23,0	21000	941	26500	1000	30800	1030		
30810h360	360	57,0	7575	24,1	23800	1010	30100	1080	36400	1120		
30810h380	380	59,0	8800	25,3	26900	1090	34000	1160	39700	1210		
30810h400	400	61,0	10145	26,4	30100	1170	38000	1250	44700	1290		
30810h420	420	63,0	11615	27,5	33600	1250	42500	1330	50000	1390		

Примечание. Указанные профили получены путем раскря полосообразов 30810, изготовленных в двойном виде с общей высотой профиля, равной 600 мм

Таблица 4. Геометрические характеристики симметричных полособульбов 30812 (ГОСТ 9235-76)												
Профиль		Элементы профиля					Элементы профиля с присоединенным пояском					
		Высота стенки, мм	Площадь профиля, см ²	Момент инерции, см ⁴	Расстояние от ЦТ см	Площадь присоединенного пояса, см ²						
						50		100		200 и больше		
$I_{,4}$ см ⁴	$W_{,3}$ см ³	$I_{,4}$ см ⁴	$W_{,3}$ см ³	$I_{,4}$ см ⁴	$W_{,3}$ см ³	$I_{,4}$ см ⁴	$W_{,3}$ см ³	$I_{,4}$ см ⁴	$W_{,3}$ см ³			
30812h180	180	42,6	1216	12,7	5300	425	6600	453	7600	465		
30812h200	200	45,0	1645	14,0	6500	485	8000	507	9200	520		
30812h220	220	46,4	2158	15,2	8200	554	10400	590	12000	610		
30812h240	240	49,8	2762	16,5	10000	620	12600	663	14600	685		
30812h250	250	51,3	3113	17,1	10950	656	13200	681	15850	700		
30812h260	260	52,5	3460	17,7	11900	692	13800	700	19100	715		
30812h280	280	54,6	4260	18,8	14100	765	17800	815	20700	845		
30812h300	300	57,0	5165	20,0	16400	839	20800	895	24300	930		
30812h320	320	59,4	6181	21,2	19000	915	24100	980	28200	1010		
30812h340	340	61,8	7314	22,3	21700	990	27600	1060	32400	1100		
30812h360	360	64,2	8568	23,4	24700	1070	31000	1150	37000	1195		
30812h380	380	66,6	9949	24,5	27900	1150	35600	1240	42000	1290		
30812h400	400	69,0	11461	25,7	31400	1230	40000	1330	47300	1390		
30812h420	420	71,4	13110	26,8	35100	1320	44700	1420	53000	1490		

Примечание. Указанные профили получены путем раскроя полособульбов 30812, изготовленных в двойном виде с общей высотой профиля, равной 600 мм.

Таблица 5 Тавры стальные сварные для судов (РД 5. 9373–80)

Но- мер про- филя	Элементы профиля						Элементы профиля с присоединенным пояском										
	Стенка		Поясок		Пло- щадь, см ²	Мо- мент инерции см ⁴	Расстоя- ние от ЦТ, см	Площадь присоединенного пояса, см ²			200 и больше						
	Высо- та	Тол- щина	Ши- рина	Тол- щина				50		100							
					мм	мм	мм	мм	$I, 4$ см ⁴	$W, 3$ см ³	$I, 4$ см ⁴	$W, 3$ см ³	$I, 4$ см ⁴	$W, 3$ см ³			
14	140	4	80	6	10,4	229	10,4	1190	92	1380	92	1380	92	1380	92	1380	92
16б	160	5	100	8	16,0	453	12,2	1950	163	2550	169	2550	169	2550	169	2550	169
18б	180	5	100	10	19,0	670	13,9	3350	230	3800	235	3800	235	3800	235	3800	235
20б	200	6	100	10	22,0	1001	14,7	4400	270	5050	280	5050	280	5050	280	5050	280
22б	220	6	120	12	27,6	1459	17,0	6600	395	8000	400	8000	400	8000	400	8000	400
25а	250	6	120	12	29,4	2042	17,3	10900	450	13000	470	13000	470	13000	470	13000	470
28а	280	7	120	12	34,0	3050	20,2	11600	540	13600	560	13600	560	13600	560	13600	560
32а	320	8	140	12	45,2	5280	23,2	18200	835	22200	870	22200	870	22200	870	22200	870
32б	320	8	160	16	51,2	5797	24,5	21000	970	25500	1000	25500	1000	25500	1000	25500	1020
36а	360	8	160	16	54,4	7900	26,8	26000	1120	34000	1180	34000	1180	34000	1180	34000	1220
40а	400	10	180	14	65,2	11960	27,9	35000	1370	42500	1430	42500	1430	42500	1430	42500	1480
45а	450	10	200	14	73,0	16880	31,4	46000	1700	58000	1770	58000	1770	58000	1770	58000	1820
50а	500	12	220	16	95,2	28180	34,5	68000	2350	87000	2600	87000	2600	87000	2600	87000	2750
56а	560	14	250	18	123,4	44370	38,5	99000	3000	128000	3600	128000	3600	128000	3600	128000	3880
63а	630	14	300	20	148,2	66880	44,8	142000	4600	175000	5100	175000	5100	175000	5100	175000	5400
71а	710	16	360	22	198,2	110200	50,7	220000	6600	280000	7100	280000	7100	280000	7100	280000	7600
80а	800	18	360	22	223,2	163000	54,7	290000	7700	380000	8500	380000	8500	380000	8500	380000	9200

Примечание. При промежуточном значении величины площади присоединенного пояса I и W вычисляются линейной интерполяцией

ПРИЛОЖЕНИЕ Г**Задание на выполнение практического задания**

Вариант	L , м	B , м	d , м	D , м	C_b
1	108,50	12,80	7,50	8,30	0,850
2	110,0	14,0	7,90	8,76	0,825
3	115,90	14,90	7,50	11,60	0,855
4	110,0	18,0	7,50	10,10	0,825
5	105,30	16,30	9,73	16,30	0,830
6	106,10	17,30	9,0	10,4	0,835
7	107,50	17,30	7,20	9,99	0,815
8	120,40	16,30	7,0	9,45	0,845
9	101,70	20,0	7,50	10,92	0,825
10	128,25	17,90	8,60	11,90	0,835
11	97,80	20,40	7,50	14,70	0,780
12	120,75	19,10	8,80	13,30	0,850
13	113,55	16,52	6,50	10,20	0,850
14	119,75	18,30	7,50	10,20	0,855
15	126,15	20,30	8,90	12,90	0,865
16	140,6	20,30	8,90	12,90	0,865
17	143,3	21,0	8,0	13,0	0,855
18	142,8	19,90	7,60	12,40	0,855
19	126,9	17,90	6,80	11,10	0,855
20	134,5	17,0	8,0	12,0	0,855
21	167,5	25,0	10,0	16,0	0,805
22	139,0	19,0	7,0	12,0	0,865
23	135,8	18,0	7,0	11,0	0,870
24	148,3	19,50	8,50	13,0	0,788
25	155,5	22,0	9,0	14,0	0,820

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Н.В. Барабанов, Конструкция корпуса морских судов, «Судостроение», г. Ленинград, 1999 г.
- 2 Российский морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов, г. Санкт-Петербург, 2016 г.
- 3 Лазарев В.Н. Проектирование конструкций судового корпуса и основы прочности / В.Н. Лазарев, Н.В. Юношева – Л: Судостроение, 1989 – 314 с.
- 4 Положения о порядке оформления студенческих работ – КГМТУ, г. Керчь, 26
- 5 ГОСТ 21937-76 Полособульб горячекатаный несимметричный для кораблестроения. Сортамент. – Введ. с 01.01.78. – 4 с.
- 6 ГОСТ 9235–76 Полособульб симметричный для кораблестроения. Сортамент. – Введ. с 01.01.78. – 4 с.

Остапенко Ольга Юрьевна

МДК.02.01. КОНСТРУКТОРСКАЯ ПОДГОТОВКА
ПРОИЗВОДСТВА В СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ
ОРГАНИЗАЦИИ (раздел 2)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению расчётно-графической работы
«Расчет эквивалентного бруса в I приближении»
для студентов специальности
26.02.02 Судостроение
форма обучения: очная, заочная

Филиал ФГБОУ ВО «Керченский морской технологический университет» в
г. Феодосия

298176 г. Феодосия, Советская, 19